Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 93-112
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۱۱۲-۹۳
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86103.1077

Response of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to Planting Date and Row Spacing in Jiroft

Samireh Dezhbanpour[1], Ahmad Aien[2*], Morteza Eshraghi-Nejad[3], Mohamad Hasan Shirzadi[4]

Received: 02-01-2024 Revised: 07-02-2024 Accepted: 04-03-2024 Available Online: 01-06-2024	**Cite this article:** Dezhbanpour, S., Aien, A., Eshraghi-Nejad, M., & Shirzadi, M.H. (2024). Response of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to planting date and row spacing in Jiroft. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 93-112.. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86103.1077

Introduction
The highest concentration of protein is found in plant-based sources, whereas animal protein production tends to be more challenging and costly compared to plant-derived proteins. Within plant sources, legumes emerge as a primary reservoir of protein. A notable proportion of protein compounds within legumes boast relatively high nutritional value. The amount of protein in most plants of the legume family, including beans, is reported between 18 and 32%. guar or cluster bean (*Cyampsis tetragonoloba* (L.) Taub.) is an annual plant from the legume family, which is cultivated in dry plains as an alternative crop due to its high tolerance to drought and salt conditions. This plant, like most legumes, is important in the balance of soil mineral elements in agricultural systems due to its ability to symbiosis with nitrogen-fixing bacteria. Planting date and optimal plant density are two effective factors to achieve the potential performance of plants. Considering the importance of guar as an edible, industrial, fodder and medicinal product, it seems necessary to conduct research on the growth response of this plant to management factors, especially the date and density of plant planting. The present study was conducted with the aim of investigating the effect of planting date and row spacing on guar plant as an alternative plant for the climatic conditions of southern Kerman and other similar climates, in order to achieve the highest yield and grain quality.

Materials and Methods
The experiment was carried out as split plots based on the completely randomized blocks design with three replications in the research farm of South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Jiroft) in two years 2018-2019. Jiroft region has a latitude of 57 degrees and 32 minutes north and a longitude of 28 minutes and 32 degrees east and is located at an altitude of 628 meters above sea level. The experimental treatments include planting date as the main factor in six levels (10 and 25 May, 9 and 24 June, 9 and 24 July) and seed planting intervals as secondary factors in four levels (20, 30, 40 and 50 cm).

Results and Discussion
The results showed that the maximum dry weight of leaves and stems, the number of leaves in the secondary stem, the height of the plant and the length of the pod were observed on the date of 24 June and the row spacing was 50 cm, and in all planting dates, increasing the row spacing led to an increase in the mentioned traits. The comparative analysis of average planting dates reveals that the highest metrics were achieved on June 9th. This includes a 43% increase in the number of pods per plant, a 23% increase in the number of grains per pod, a 66% increase in biological yield, a 45% increase in grain yield, and an 18% increase in harvest index. The highest leaf surface index (15%) and number of leaves in the main stem (91%) was observed on the 24 June. In general, with the delay in planting after early June (9 June) to late June (24 June), the yield and yield components of guar gradually decreased and reached the lowest value. The results comparing the mean effect of row spacing showed the highest number of pod per plant and seeds per pod at 50 cm row spacing, but the highest grain yield was obtained at 30 and 40 cm row spacing.

1 and 4- Ph.D Student and Assistant Professor, Faculty of Agricultural, Jiroft Branch, Islamic Azad University,Jiroft, Iran, respectively.
2 and 3- Associate Professor and Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Jiroft, Iran, respectively
* Corresponding Author: a.aien@areeo.ac.ir

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

Conclusions
In general, among the planting dates, guar planting in June to early July in Jiroft region is the best planting date. While, early planting (May) and late planting (late July) were not favorable for guar and led to a decrease in plant yield. Therefore, in order to obtain the best yield and agronomic characteristics of guar plant in the south of Kerman province and similar conditions, it is recommended to cultivate this plant from early June to early July and at a row distance of 30 to 40 cm, because in the mentioned dates and row spacing, the plant makes the best use of environmental factors and with the reduction of competition between the plants, its performance and components increase Because.

Keywords: Biological and grain yield, Guar, Harvest index, Leaf Area Index, Number of pod, Thousand grain weight

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 93-112
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۱۱۲-۹۳
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.86103.1077

واکنش گوار (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) به تاریخ کشت و فواصل ردیف در جیرفت

سمیره دژبان پور[1]، احمد آئین[2*]، مرتضی اشراقی نژاد[3]، محمد حسن شیرزادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

چکیده

عملیات زراعی از قبیل فواصل بهینه بین ردیف‌های کاشت و انتخاب تاریخ کشت مناسب، یکی از عوامل مؤثر در استفاده بهتر از منابع محیطی و افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. از این رو، با هدف بررسی تاریخ کاشت و فواصل ردیف بر گیاه گوار، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) طی سال‌های ۹۹- ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی در شش سطح (۲۰ اردیبهشت، چهار و ۱۹ خرداد، سه و ۱۸ تیر و دو مرداد) و فواصل ردیف کاشت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ و ساقه، تعداد برگ در شاخه‌های فرعی، ارتفاع بوته و طول غلاف در تاریخ کشت سوم تیر و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر مشاهده شد و در تاریخ‌های کاشت، افزایش فاصله ردیف منجر به افزایش ویژگی‌های مذکور شد. نتایج مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت، حاکی از بیشترین تعداد غلاف در بوته (۴۳ درصد)، تعداد دانه در غلاف (۲۳ درصد)، عملکرد زیستی (۶۶ درصد)، عملکرد دانه (۴۵ درصد) و شاخص برداشت (۱۸ درصد) در تاریخ ۱۹ خرداد نسبت به تاریخ‌های کاشت زود هنگام (۲۰ اردیبهشت) و دیر هنگام (دوم مرداد) داشت. بالاترین شاخص سطح برگ (۱۵ درصد) و تعداد برگ در ساقه اصلی (۹۱ درصد) نیز در تاریخ کاشت سوم تیر در مقایسه با تاریخ‌های کاشت زود هنگام و دیر هنگام حاصل شد. به‌طور کلی، با تأخیر در کاشت بعد از اوایل خرداد تا اوایل مرداد، عملکرد و اجزای عملکرد گوار به‌تدریج کاهش یافت و در کشت دو مرداد به کمترین مقدار رسید. نتایج مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف بیانگر بیشترین تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود، اما بیشترین عملکرد دانه در دو فاصله ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر حاصل شد. بنابراین، با توجه به نتایج، جهت حصول بهترین عملکرد و ویژگی‌های زراعی گوار در جنوب استان کرمان، بهتر است این گیاه از تاریخ کاشت اواسط خرداد تا اوایل تیر و با فواصل ردیف ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر کشت شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد نیام، شاخص سطح برگ، شاخص برداشت، عملکرد زیستی و دانه، گوار، وزن هزار دانه

مقدمه

افزایش جمعیت جهان از سویی و افزایش دانش و آگاهی مصرف‌کننده در مورد کیفیت مواد غذایی از سوی دیگر، افزایش تقاضا برای غذای سالم و با کیفیت را ایجاد کرده است. به‌طوری‌که سامانه‌های کشاورزی از طریق وارد کردن گونه‌های زراعی جدید و یا گیاهان فراموش شده در الگوهای مختلف کشت، زمینه را برای اشتغال، ثبات تولید و امنیت غذایی فراهم ساخته‌اند. نیاز افراد بشر به منابع پروتئینی و قیمت بالای پروتئین حیوانی منجر به توجه بیش از پیش به منابع پروتئین گیاهی شده، این در حالی است که بیشترین پروتئین مورد نیاز انسان در منابع گیاهی موجود بوده که هم در دسترس‌تر و هم مقرون به‌صرفه‌تر از پروتئین حیوانی می‌باشد (Simon et al., 2020).

گوار یا لوبیای خوشه‌ای (*Cyampsis tetragonoloba* (L.) Taub.) گیاهی است یک ساله از خانواده حبوبات که به‌دلیل تحمل بالا به شرایط خشکی و شوری، به‌عنوان یک محصول جایگزین، در دشت‌های کم آب کشت می‌شود (Avola et al., 2020). این گیاه مانند بیشتر حبوبات، به‌دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، در تعادل عناصر معدنی خاک در نظام‌های زراعی دارای اهمیت می‌باشد.

۱ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت، جیرفت، ایران.
۲ و ۳- به‌ترتیب دانشیار و استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران.
(*- نویسنده مسئول: a.aien@areeo.ac.ir)

کشت این گیاه به‌طور عمده به‌دلیل غلظت بالای گالاکتومانان موجود در بذر صورت می‌گیرد که با عنوان تجاری صمغ گوار شناخته شده است. پس از استخراج صمغ، باقی‌مانده آن به‌عنوان کنجاله گوار به‌علت درصد بالای پروتئین برای مصرف دام و طیور مناسب می‌باشد (Heydarzade et al., 2020). از سوی دیگر، از سال ۲۰۱۲ تقاضای جهانی برای صمغ گوار افزایش یافته و قیمت آن به‌طور تقریبی ۲/۳ برابر افزایش داشته است (Dadgar et al., 2021).

تصمیم‌گیری در مورد زمان کاشت مناسب یک گیاه زراعی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و از عوامل مهم اولیه جهت کسب بیشترین عملکرد می‌باشد. هدف از تعیین تاریخ کاشت، یافتن زمان کاشت مطلوب یک گیاه است، به‌طوری‌که مجموعه عوامل محیطی در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه و ادامه رشد و نمو گیاه مناسب باشد و گیاه با شرایط نامساعد محیطی مواجه نشود (Huang et al., 2021). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بالا بودن میانگین دمای هوا در طول فصل رشد، طول روزهای بلند و آب و هوای خشک، منجر به افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود. درحالی‌که ترکیب دماهای پایین، رطوبت بالا و طول روز کوتاه در کشت‌های تأخیری، منجر به کاهش عملکرد دانه خواهد شد (Heydarzade et al., 2020).

نتایج یک آزمایش در تیروپاتی هندوستان نشان داد که در بین زمان‌های مختلف کاشت (هفته اول، دوم، سوم و چهارم جولای، هفته اول، دوم، سوم و چهارم آگوست)، بیشترین عملکرد دانه، تعداد خوشه در بوته، تعداد غلاف در خوشه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد صمغ و پروتئین خام در ارقام مختلف گوار در کشت هفته اول و دوم جولای به‌دست آمد (Lakshmi Kalyani, 2012). در تحقیقی در آمریکا نشان داده شد که تأخیر در تاریخ کاشت بعد از نیمه ژوئن، برای تولید گوار زیان‌آور می‌باشد. به‌طوری‌که شرایط گرم‌تر و بارندگی بیشتر در تاریخ کاشت نیمه ژوئن باعث رشد بهتر و عملکرد بیشتر در ژنوتیپ‌های گوار شد (Singla et al., 2016). در بررسی واکنش ماش به تاریخ کشت بیان گردید که تاریخ کاشت مناسب گیاه، سبب ایجاد تغییرات مثبت بر اجزای عملکرد و افزایش عملکرد دانه می‌شود، زیرا انتخاب تاریخ کشت مطلوب منجر به عدم برخورد مرحله تشکیل دانه با شرایط نامساعد آخر فصل شده و در نتیجه، دانه‌بندی به‌خوبی صورت می‌گیرد و اثر مثبت بر رشد رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی دارد (Nandi et al., 2023).

یکی دیگر از عوامل مهم در کشت گیاه، تعیین مناسب‌ترین تراکم کاشت می‌باشد. تراکم کاشت مطلوب گیاهان در واحد سطح زمین موجب فراهم‌سازی فضای تغذیه‌ای مناسب تک بوته و ایجاد تعادل در رقابت بین بوته‌ها و دستیابی به بیشترین عملکرد می‌شود. تعیین تراکم بوته اهمیت فراوانی در عملکرد گوار دارد، زیرا تراکم بوته بر تعداد شاخه‌های جانبی و در نتیجه، بر تعداد غلاف در بوته اثر دارد. به‌طوری‌که کاشت گوار در ردیف‌های باریک ممکن است نتایج مطلوب تری داشته باشد، زیرا به گیاه حالت رشدی بیشتری می‌دهد (Akhtar et al., 2012). گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته، فواصل ردیف در گوار کاهش یافته و عملکرد کل در هکتار افزایش می‌یابد. بنابراین، افزایش تعداد بوته در واحد سطح می‌تواند کاهش تعداد غلاف‌های بوته را جبران کند و تعداد غلاف در مترمربع را افزایش دهد (Deka et al., 2015). در پژوهش احمدی نورالدین‌وند و همکاران (Ahmadi Nouraldivand et al., 2020) با افزایش تراکم بوته گوار، بیشتر ویژگی‌های رویشی و زایشی به‌جز تعداد شاخه فرعی افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه (۴۲۰۹/۷ کیلوگرم در هکتار) و ماده خشک (۱۷۹۵۵/۶ کیلوگرم در هکتار) در مصرف اسید هیومیک و تراکم ۹۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد و کمترین مقادیر مربوط به عدم مصرف اسید هیومیک و تراکم ۳۵ بوته در مترمربع بود.

امروزه، به‌دلیل تغییرات اقلیمی و روند گرم شدن زمین، پژوهش‌هایی که توانایی شناخت گونه‌های متحمل به شرایط نامساعد محیطی را دارند، دارای اهمیت فراوانی است. با توجه به اهمیت گوار به‌عنوان محصول خوراکی، صنعتی، علوفه‌ای و دارویی و با توجه به اینکه تاکنون در جنوب استان کرمان، پژوهشی در خصوص این محصول صورت نگرفته است، بررسی واکنش این گیاه به عوامل مدیریت زراعی ضروری به نظر می‌رسد. افزون بر این، به‌دلیل رشد گوار در آب و هوای گرم و تحمل طولانی به شرایط کم آبی (Heydarzade et al., 2020) همچنین، با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی شهرستان جیرفت که از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری کشور می‌باشد، لازم است متناسب با شرایط موجود، گیاهانی که ویژه این مناطق هستند شناسایی و کشت شود. از این رو، این پژوهش با هدف بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر گوار به‌عنوان یک گیاه جایگزین برای شرایط آب و هوایی جنوب کرمان، جهت دستیابی به بالاترین عملکرد و کیفیت دانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب کرمان (جیرفت) با عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۲۸ دقیقه و ۳۲ درجه شرقی و با ارتفاع ۶۲۸ متر از سطح دریا طی سال‌های ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. پیش از شروع آزمایش از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود. همچنین، ویژگی‌های هواشناسی منطقه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

سال Year	بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر P	پتاسیم K
					(میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg.kg^{-1})	
۹۸- ۱۳۹۷ 2018	لومی- شنی Loam-sandy	7.8	1.46	0.039	11.2	178.5
۹۹- ۱۳۹۸ 2019	لومی- شنی Loam-sandy	7.6	1.21	0.035	9.4	169.3

آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی در شش سطح (۲۰ اردیبهشت، چهار و ۱۹ خرداد، سه و ۱۸ تیر و دو مرداد) و فواصل ردیف کاشت به‌عنوان عامل فرعی در چهار سطح (۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) بودند. در این آزمایش، هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت با فواصل بین ردیف‌های ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، به‌طول چهار متر و فاصله بین بوته‌ها هفت سانتی-متر بود. کاشت بذرها به‌صورت دستی در عمق سه سانتی‌متری انجام شد. بذر کشت شده بومی پاکستان (اکوتیپ پاکستانی) بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. سیستم آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با نوار تیپ بود. آبیاری تا مرحله چهار تا شش برگی گیاه با فاصله زمانی هر چهار روز یک بار و در مراحل بعدی با فواصل زمانی هر هفت تا ۱۰ روز یک بار انجام شد. کودهای شیمیایی پرمصرف بر اساس نیاز گیاه و آزمایش خاک، شامل اوره به‌میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل چهار تا شش برگی و طویل شدن ساقه، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم هرکدام به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کاشت استفاده شدند. همچنین، محلول‌پاشی کود میکرومیکس کامل حاوی عناصر آهن، مس، روی، منگنز و بور یک بار در مرحله گل‌دهی گیاه انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز مزرعه در مرحله شش تا هشت برگی گیاه به‌صورت دستی انجام شد. تاریخ شروع گل‌دهی در تاریخ کاشت‌های ۲۰ اردیبهشت، چهار خرداد، ۱۹ خرداد، سه تیر، ۱۸ تیر و دوم مرداد به‌ترتیب در ۲۰ خرداد، ۵ تیر، ۲۰تیر، شش مرداد، ۲۵ مرداد و ۱۱ شهریور ماه بود.

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد گره در ساقه اصلی، شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی، وزن خشک برگ و ساقه، تعداد غلاف در بوته، طول غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. در مرحله گل‌دهی، تعداد پنج بوته در هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد برگ‌ها شمارش شد. در زمان زرد شدن غلاف‌های گیاه، برداشت از چهار ردیف میانی با حذف اثر حاشیه‌ای، انجام شد. زمان برداشت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ اردیبهشت، چهارم خرداد، ۱۹ خرداد، سوم تیر، ۱۸ تیر و دوم مرداد به‌ترتیب در تاریخ‌های سوم مهر، ۱۴ مهر، ۲۵ مهر، هشت آبان، ۱۵ آبان و ۲۴ آبان‌ماه بود. همچنین، در انتهای فصل رشد تعداد پنج بوته در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- مشخصات هواشناسی منطقه جیرفت در سال‌های ۹۹- ۱۳۹۸

Table 2- The weather charactristics of Jiroft during 2018-19

سال ۱۳۹۸ Year of 2018	کمینه دما Air minimum temperature (°C)	بیشینه دما Air maximum temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	بارندگی Precipitation (mm)
فروردین March	15.3	28.5	59.0	58.2
اردیبهشت April	18.2	36.3	39.9	8.3
خرداد May	25.1	43.8	29.5	0.2
تیر July	26.8	45.7	36.3	0.0
مرداد Augest	28.5	48.4	37.4	0.3
شهریور September	25.3	45.7	51.5	0.0
مهر October	20.0	36.7	68.0	0.7
آبان November	12.5	24.8	69.0	51.1
میانگین Average	21.4	38.7	48.8	14.8
سال ۱۳۹۹ Year of 2019				
فروردین March	11.3	28.4	58.0	80.1
اردیبهشت April	18.4	36.3	41.2	15.2
خرداد May	25.6	43.4	30.3	0.0
تیر July	27.4	45.0	34.7	0.0
مرداد Augest	28.0	42.1	36.4	0.0
شهریور September	23.3	40.3	50.5	0.0
مهر October	16.4	35.8	41.0	0.0
آبان November	10.7	29.9	59.0	0.9
میانگین Average	20.1	37.6	43.8	12.0

جهت تعیین سطح برگ، بوته‌های گوار در سطح یک مترمربع در مرحله گل‌دهی برداشت و تمام برگ‌ها از بوته‌ها جدا شد. سپس، با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل CRLA1، شاخص سطح برگ به‌دست آمد. عملکرد دانه بر حسب رطوبت ۱۰ درصد (Ahmadi Nouraldivand et al., 2020) برای تیمارهای مختلف محاسبه شد و همچنین، جهت تعیین عملکرد زیستی، پنج بوته از کل بوته‌های برداشت شده جدا شد و سپس، در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفت. شاخص برداشت از معادله ۱ محاسبه شد (Mehdipour Afra et al., 2019).

معادله (۱)

شاخص برداشت = عملکرد دانه/عملکرد زیستی × ۱۰۰

در نهایت، پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و همگنی سال‌های آزمایش، تجزیه و تحلیل با نرم‌افزار SAS (V9.1) و رسم نمودارها با Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

همان‌گونه که تجزیه واریانس مرکب نشان می‌دهد (جدول ۳)، اثر سال بر تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، طول غلاف در سطح یک درصد، وزن خشک برگ، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار داشت. اثر تاریخ کاشت بر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. اثر فاصله ردیف نیز بر ویژگی‌های مورد بررسی به‌جز عملکرد زیستی معنی‌دار شد. برهم‌کنش سال در تاریخ کاشت بر طول غلاف، تعداد دانه در غلاف در سطح یک درصد و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. برهم‌کنش سال در ردیف کاشت بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار نشان داد. برهم‌کنش تاریخ کاشت و فاصله ردیف بر تعداد برگ در ساقه فرعی، طول غلاف، وزن خشک ساقه در سطح یک درصد و بر ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. امّا برهم‌کنش سال در تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر هیچ یک از ویژگی‌های مورد بررسی اثر معنی‌دار نداشت.

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین برهم‌کنش تاریخ کاشت و فاصله ردیف (شکل ۱)، بیانگر این است که بیشترین ارتفاع بوته از تاریخ سوم تیر و فواصل ردیف ۵۰ و ۴۰ سانتی‌متر با ۹۸ درصد، نسبت به کشت در دوم مرداد و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر حاصل شد. کاهش ارتفاع می‌تواند ناشی از کوتاه شدن فواصل میانگره‌ها در اثر تغییر طول روز باشد (Djman et al., 2022)، در این آزمایش، تأخیر در کاشت تا دوم مرداد به‌دلیل کاهش طول دوره رویشی و نامطلوب بودن دما نسبت به تاریخ‌های کاشت زودهنگام، سبب کاهش ارتفاع بوته گوار شد که با نتایج حیدرزاده و همکاران (Heydarzade et al., 2020) و دکا و همکاران (Deka et al., 2015) مطابقت دارد. در این پژوهش، کاشت گیاه در تراکم‌های پایین (فاصله ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر) منجر به کاهش رقابت بین گونه‌ای از سویی و افزایش دسترسی گیاه به منابع از سوی دیگر شد که افزایش ارتفاع بوته گوار را نسبت به تراکم‌های بالاتر (فاصله ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) به دنبال داشت. بر همین اساس، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که ارتفاع بوته گوار با افزایش فاصله بین بوته افزایش می‌یابد (Sasmita et al., 2017; Al Myali et al., 2020).

نتایج همبستگی بین ویژگی‌های مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه (R^2=۰/۵۶**)، تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۸**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۲**)، وزن هزار دانه (R^2=۰/۵۵**)، عملکرد زیستی (R^2=۰/۲۳**) و شاخص برداشت (R^2=۰/۲۹**) گوار با ارتفاع بوته ارتباط مثبت و معنی‌دار داشته و بیشترین ارتباط، ضریب ۵۶ درصد، مربوط به عملکرد دانه می‌باشد (جدول ۷).

تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی

مطابق با مقایسه میانگین‌ها، تعداد برگ در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در سال اول به‌ترتیب ۱۲ و ۱۰ درصد بیشتر از سال دوم بود (جدول ۴). بر اساس جدول آب و هوای فصل رشد گیاه گوار (جدول ۳) در سال اول میانگین دمای کمینه، بیشینه، رطوبت و بارندگی اندکی بیشتر از سال دوم بود که می‌تواند منجر به افزایش ویژگی‌های رویشی گیاه شده باشد. البته این موضوع ممکن است به‌دلیل گرمادوست بودن گوار باشد (Heydarzade et al., 2020). نتایج (جدول ۵) همچنین نشان‌دهنده افزایش تعداد برگ ساقه اصلی در تاریخ کشت سوم تیر داشت که با تاریخ کشت ۱۹ خرداد اختلاف معنی‌دار نشان نداد و در مرتبه بعد، دو تاریخ چهارم خرداد و ۱۸ تیر بدون تفاوت مشاهده شد. در نهایت، دو تاریخ کشت ۲۰ اردیبهشت و دوم مرداد، ۴۸ درصد کاهش نسبت به کشت سوم تیر، کمترین تعداد برگ در ساقه اصلی را به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد که گیاه در تاریخ‌های کاشت اوایل خرداد تا اواسط تیر به‌دلیل شرایط آب و هوایی مطلوب، افزایش دما و طول روز، فرصت کافی برای رشد رویشی خود را دارا بوده و در نهایت، منجر به تولید بیشترین تعداد برگ در بوته شده است. مطابق با نتایج این پژوهش، در گزارشی تفاوت تعداد برگ در تاریخ‌های کاشت زود هنگام و دیر هنگام ناشی از کوتاه شدن طول دوران رشد بیان شد (Ghanbari et al., 2012).

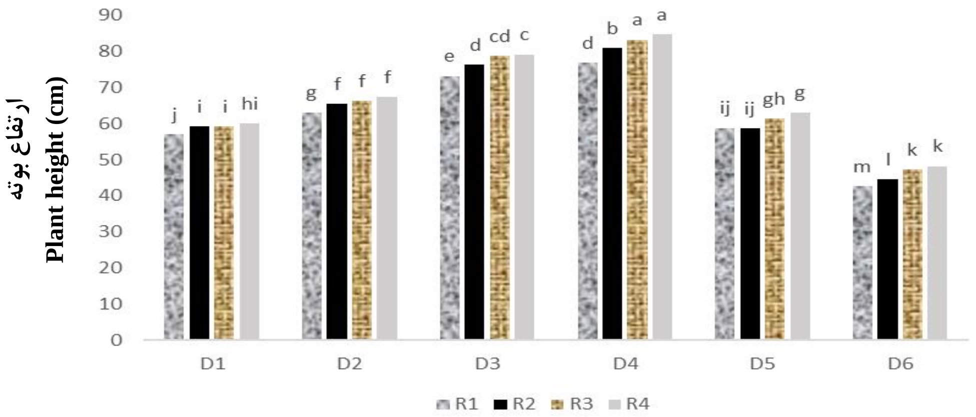
جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب تیمارهای آزمایش بر ویژگی‌های مورفولوژیک گوار طی سال‌های ۹۹- ۱۳۹۸

Table 3- Compound analysis variance of experimental treatments on morphological traits of guar 2018-19

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	برگ شاخه فرعی Number of leaves in scondary stems	طول غلاف Pod Length	شاخص سطح برگ Leaf Area Index	وزن خشک برگ Weight of dry leaf	وزن خشک ساقه Weight of dry stem	تعداد غلاف Number of pod	تعداد دانه Number of seed	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیستی Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
سال Year (Y)	1	517.6^{ns}	138**	419**	8.9**	0.18^{ns}	45.9**	31.6^{ns}	150^{ns}	0.03^{ns}	8.03*	564752^{ns}	26240006^{ns}	122.8*
تکرار (سال) Replication (Y)	4	3769.8	28	342.2	0.08	0.07	1.7	42.5	128	0.06	0.55	501368	6089137	6.3
تاریخ کاشت Planting date (PD)	5	6274.2**	391**	1753**	11.1**	3.15**	159.1**	350**	675**	2.77*	20.23**	7239219**	49334917*	94.9*
سال×تاریخ کاشت Y×PD	5	48.6^{ns}	12^{ns}	17.5^{ns}	0.94**	0.04^{ns}	4.4^{ns}	1.8^{ns}	44^{ns}	0.33**	0.39^{ns}	204130^{ns}	4930268^{ns}	13.7*
خطای اول Error a	20	135.4	12.8	96.4	0.11	0.63	4.3	4.2	315	0.07	0.31	1260749	11757135	3.4
فاصله ردیف Row spacing (RS)	3	176**	50.2*	436.4**	11.9**	3.58**	91.9**	159.2**	4687**	7.36**	10.76*	367203*	4405636^{ns}	156.2**
سال×فاصله ردیف Y×RS	3	2.7^{ns}	0.36^{ns}	27^{ns}	0.06*	0.07^{ns}	0.2^{ns}	1.3^{ns}	27^{ns}	0.15*	0.7**	35040^{ns}	716338^{ns}	0.7^{ns}
تاریخ کاشت×فاصله ردیف PD×RS	15	5.3*	0.35^{ns}	29.4**	0.12**	0.1^{ns}	0.91*	3.8**	19^{ns}	0.07^{ns}	0.13*	13612^{ns}	119745^{ns}	0.6^{ns}
سال×تاریخ کاشت×فاصله ردیف Y×PD×RS	15	2.1^{ns}	0.38^{ns}	0.238^{ns}	0.007^{ns}	0.05^{ns}	0.33^{ns}	0.2^{ns}	18^{ns}	0.03^{ns}	0.04^{ns}	53765^{ns}	529158^{ns}	1.4^{ns}
خطای دوم Error b	72	15.3	8.3	21.3	0.02	0.31	0.39	1.5	29	0.05	0.12	41129	528318	1.1
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.2	23.6	13.5	2.9	14.8	7.6	15.8	12.4	4.5	1.2	7.8	8.9	3.4

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

ns: Non-significant, *and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively



شکل ۱- برهم‌کنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر ارتفاع بوته گوار

Fig. 1- The interaction of planting date in spacing row on plant height of guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Different alphabet in each column indicates significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test

(D1, D2, D3, D4: 10th and 25th May, 9th and 24th June, 9th and 24th Juy, :20, 30, 40 and 50cm)

بر اساس مقایسه میانگین‌ها، کشت گوار در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، بیشترین تعداد برگ ساقه اصلی را به خود اختصاص داد. کاشت در فاصله ۲۰ سانتی‌متر نیز با ۱۴ درصد کاهش، کمترین تعداد برگ ساقه اصلی را ثبت کرد (جدول ۶). بیشترین تعداد برگ در شاخه‌های فرعی هنگامی به‌دست آمد که کشت در تاریخ سوم تیر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد (شکل ۲). در تاریخ‌های کاشت با افزایش فاصله بین بوته‌ها تعداد برگ در شاخه‌های فرعی افزایش یافت. افزون بر این، کشت گیاه در خرداد ماه و در فاصله ردیف‌ها منجر به افزایش تعداد برگ شد. کمترین مقدار نیز به کشت گوار در تاریخ دوم مرداد و فاصله ۲۰ سانتی‌متر، ۷۶ درصد کاهش، اختصاص داشت. مطابق با نتایج جدول همبستگی، تعداد برگ در ساقه اصلی با تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۱۷*) و طول غلاف (R^2=۰/۶**) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. تعداد برگ در ساقه فرعی نیز با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۱۶*)، شاخص سطح برگ (R^2=۰/۱۹*)، طول غلاف (R^2=۰/۷**) و تعداد برگ در ساقه اصلی (R^2=۰/۶**) ارتباط مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۷).

کاهش تعداد برگ با افزایش تراکم بوته، ناشی از کمبود فضا برای ایجاد و رشد برگ‌ها و همچنین، کمبود تابش آفتاب می‌باشد (Huang et al., 2021). برخی پژوهش‌ها تعداد برگ را در تراکم‌های مختلف، یکسان نشان داده‌اند، درحالی‌که در محدوده تراکم‌های بسیار زیاد تعداد برگ همبستگی منفی با تعداد بوته در واحد سطح نشان داده است (Hosseinpour et al., 2011). بنابراین، در مورد تراکم بوته (فاصله ردیف کاشت) می‌توان به این نتیجه رسید که تراکم‌های بالا (فواصل بین ردیف کم، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) و بیشتر از حد مطلوب به‌دلیل افزایش رقابت بین بوته‌ها و کاهش دسترسی به منابع منجر به کاهش ویژگی‌های رویشی گیاه شد.

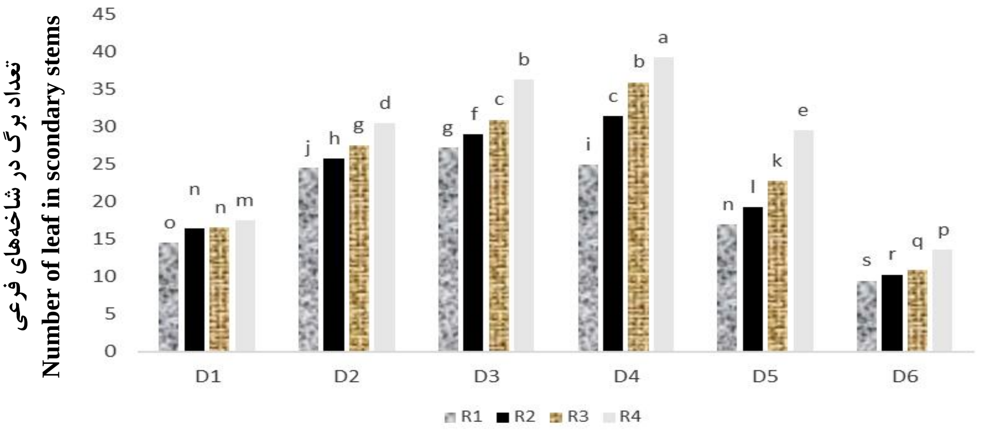
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سال‌های آزمایش بر ویژگی‌های زراعی و عملکردی گوار

Table 4- The mean comparisons of experimental year on agronomical and yield traits of guar

سال Year	تعداد برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	تعداد برگ شاخه‌های فرعی Number of leaves in scondary stems	طول غلاف Pod length (cm)	وزن خشک برگ Weight of dry leaf (g.plant^{-1})	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۱۳۹۸ 2018	18.4[a*]	25[b]	5.1[a]	8.8[a]	27.4[b]	31.9[a]
۱۳۹۹ 2019	16.4[b]	27.7[a]	4.6[b]	7.7[b]	27.9[a]	30[b]

* حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

* Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test.



شکل ۲- برهم‌کنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر تعداد برگ در شاخه‌های **فرعی گوار**

Fig. 2- The interaction of planting date in row spacing on number of leaves in scondary stems guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد

Different alphabet in each column indicates significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test
(D1, D2, D3, D4: 10th and 25th May, 9th and 24th June, 9th and 24th Juy, :20, 30, 40 and 50cm)

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین شاخص سطح برگ در تاریخ سوم تیر، به‌دست آمد. کمترین شاخص سطح برگ نیز با ۲۴ درصد کاهش، در تاریخ دوم مرداد مشاهده شد (جدول ۵). افزایش دما در تاریخ‌های کاشت خرداد تا تیر ماه برای گیاه گرمادوست گوار ممکن است سبب افزایش محتوی کلروفیل برگ و فتوسنتز گیاه شده باشد (Singla et al., 2016) که در نتیجه، بهبود رشد گیاه و افزایش سطح برگ را به دنبال داشته است. افزون بر این، یکی از دلایل عملکرد پایین در تاریخ‌های دیر هنگام می‌توانند ناشی از کاهش دوره رشد گیاه و مواد فتوسنتزی گزارش شده است که بر رشد و فعالیت باکتری‌های ریزوبیومی اثر گذاشته و در نتیجه، کاهش فعالیت باکتری‌ها، کاهش رشد و نمو گیاه را در مقایسه با گیاهان کاشته در تاریخ‌های کاشت مطلوب را به دنبال داشت (Karavidas et al., 2022). سینگلا و همکاران (Singla et al., 2016) گزارش نمودند که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ گوار در دشت‌های نیمه خشک مکزیک داشت، به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ از تاریخ کاشت‌های زود (اواسط ژوئن) به‌دست آمد و با تأخیر در کاشت، شاخص سطح برگ کاهش یافت. شاخص سطح برگ گوار در فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر، بالاترین مقدار را دارا بود که می‌تواند به‌دلیل افزایش تراکم در واحد سطح و در نتیجه، افزایش نسبت سطح برگ به سطح زمین اشغال شده باشد، کشت گوار در فاصله ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، کمترین شاخص سطح برگ، ۱۶/۵ درصد کاهش، را شامل شد (جدول ۶). مطابق با نتایج همبستگی (جدول ۷)، در این پژوهش شاخص سطح برگ گوار تنها با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۴**) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد و با سایر ویژگی‌ها ارتباط معنی‌دار نداشت.

یکی از عوامل موفقیت در تولید محصول، تراکم بهینه در واحد سطح می‌باشد (Timlin et al., 2014). مطابق با این مطالعه، در پژوهشی مشخص شد که با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ لوبیا افزایش یافت (Ahmadzadeh Ghavidel et al., 2016). گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته با وجود ایجاد رقابت به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد برگ در واحد سطح افزایش یافت و این امر منجر به افزایش شاخص سطح برگ شد (Pourhadian et al., 2022).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کاشت بر ویژگی‌های زراعی و عملکردی گوار

Table 5- The mean comparisons of planting date on agronomical and yield traits of guar

تاریخ کاشت Planting date	تعداد برگ ساقه اصلی Number of leaves in primary stem	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیستی Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۲۰ اردیبهشت May-10	14.5^{e*}	3.59^{c}	41.0^{c}	5.0^{ab}	2409.0^{c}	7453.0^{bc}	32.3^{a}
چهارم خرداد May-25	18.2^{bc}	3.83^{b}	46.4^{ab}	5.1^{ab}	2786.0^{b}	8809.0^{ab}	31.9^{ab}
۱۹ خرداد June-9	21.3^{ab}	4.09^{a}	51.3^{a}	5.3^{a}	3373.0^{a}	10129.0^{a}	33.4^{a}
سوم تیر June-24	22.0^{a}	4.12^{a}	45.4^{bc}	4.9^{ab}	2645.0^{bc}	9107.0^{ab}	29.1^{bc}
۱۸ تیر July-9	16.7^{cd}	3.78^{b}	41.5^{bc}	4.7^{bc}	2318.0^{c}	7541.0^{bc}	30.7^{abc}
دوم مرداد July-24	11.5^{e}	3.14^{d}	35.9^{d}	4.3^{c}	1717.0^{d}	6109.0^{c}	28.2^{c}

* حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

* Different alphabet in each column indicates significant difference at $p\leq0.05$ based on Duncan Test

وزن خشک برگ و ساقه

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که وزن خشک برگ در سال اول ۱۲/۵ درصد بیشتر از سال دوم می باشد که با توجه به شرایط مطلوب‌تر آب و هوایی در سال اول در مقایسه با سال دوم قابل توضیح می‌باشد. بر اساس مقایسه میانگین‌ها (شکل‌های ۲ و ۳)، بیشترین وزن خشک برگ و ساقه مربوط به تاریخ کشت سوم تیر و فاصله کاشت ۵۰ سانتی‌متر، بود. افزون بر این، در تاریخ‌های کاشت، افزایش فاصله ردیف منجر به افزایش وزن خشک برگ و ساقه گوار شد. از سوی دیگر، وزن خشک برگ و ساقه از کشت اوایل خرداد ماه به بعد روند افزایشی نشان داد و در تاریخ سوم تیر ماه به بیشترین مقدار خود رسید، درحالی‌که از ۱۸ تیر تا اوایل مرداد سیر نزولی داشت. به نظر می‌رسد که تاریخ‌های کاشت اواسط خرداد تا اوایل تیر ماه به‌دلیل افزایش دما و طول روز در منطقه منجر به توسعه سریع‌تر برگ‌ها در گوار شده و بر تعداد برگ‌ها می‌افزاید. بر همین اساس، گزارش شده است که تاریخ کاشت مناسب منجر به افزایش فصل رشد، شاخص سطح برگ و افزایش جذب تابش خورشیدی و استفاده مطلوب از آب و عناصر غذایی می‌شود (Sher et al., 2022) که در این پژوهش نیز افزایش وزن خشک اندام هوایی در تاریخ کشت-های خرداد و تیر ماه مشاهده شد.

در پژوهش حاضر، افزایش فاصله ردیف کاشت به ۵۰ سانتی‌متر منجر به افزایش وزن خشک ساقه و برگ گوار شد. این در حالی بود که در دو فاصله کاشت ۴۰ و ۳۰ سانتی‌متر، وزن خشک اندام هوایی تفاوت کمی با یکدیگر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر نشان داد و کمترین مقادیر برای فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر ثبت شد. در این پژوهش، افزایش تراکم گیاهی (فواصل ردیف ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) به‌دلیل استفاده بهینه از عوامل محیطی، افزایش ویژگی‌های رویشی را به دنبال داشت، درحالی‌که با افزایش تراکم گیاه (فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر) بر رقابت درون گونه‌ای افزوده شده و گیاه جهت فراهم‌سازی عوامل رشدی خود به رقابت با گیاهان مجاور پرداخت (Araghian et al., 2022). در نهایت، بسیاری از گیاهان به‌دلیل کمبود عوامل رشدی در مراحل مختلف دچار خسارت شده و از ادامه حیات و تولید نهایی باز ماندند. نتایج همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه (جدول ۷) نیز حاکی از ارتباط مثبت و معنی‌دار وزن خشک برگ و ساقه با تعداد غلاف در بوته (به ترتیب R^2=۰/۳** و R^2=۰/۱۹*)، تعداد دانه در غلاف (به ترتیب R^2=۰/۳۵** و R^2=۰/۲۳**)، وزن هزار دانه (به ترتیب R^2=۰/۲۴** و R^2=۰/۱۹*)، طول غلاف (به ترتیب R^2=۰/۸۷** و R^2=۰/۷۵**) و تعداد برگ در ساقه اصلی (به ترتیب R^2=۰/۶** و R^2=۰/۶**) و فرعی (به ترتیب R^2=۰/۷** و R^2=۰/۸**) داشت.

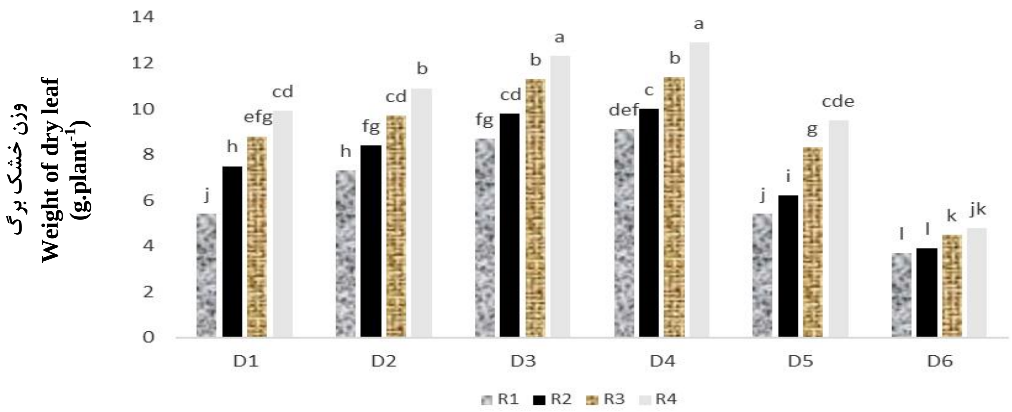
جدول ۶- مقایسه میانگین اثر فاصله کاشت بر ویژگی‌های زراعی و عملکردی گوار

Table 6- The mean comparisons of row spacing on agronomical and yield traits of guar

فاصله ردیف کاشت **Row spacing**	تعداد برگ ساقه اصلی **Number of leaves in primary stem**	شاخص سطح برگ **Leaf area index**	تعداد غلاف در بوته **Number of pod per plant**	تعداد دانه در غلاف **Number of seed per pod**	عملکرد دانه **Seed yield ($kg.ha^{-1}$)**	شاخص برداشت **Harvest index (%)**
۲۰ سانتی‌متر 20 cm	16^{b*}	4.16^{a}	28.5^{d}	4.3^{c}	2418^{b}	27.9^{c}
۳۰ سانتی‌متر 30 cm	17.2^{ab}	3.86^{b}	41.7^{c}	4.7^{b}	2636^{a}	31.6^{b}
۴۰ سانتی‌متر 40 cm	17.8^{ab}	3.5^{c}	49^{b}	5.1^{a}	2610^{a}	32.4^{a}
۵۰ سانتی‌متر 50 cm	18.7^{a}	3.47^{c}	55^{a}	5.4^{a}	2501^{ab}	31.9^{ab}

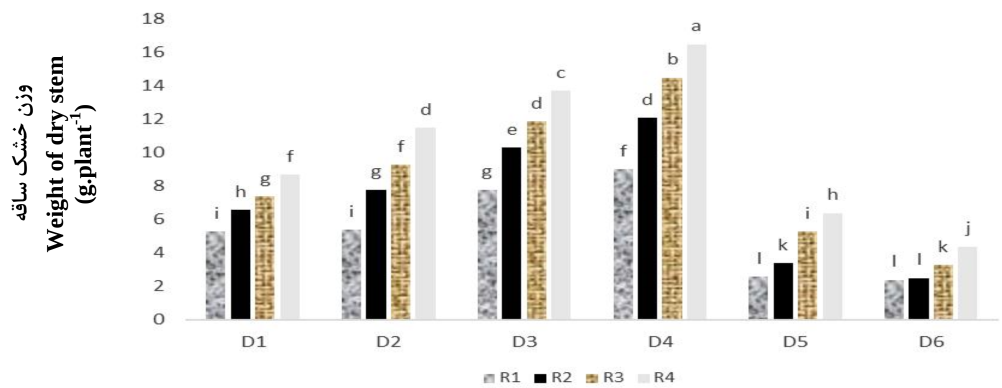
* حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

* Different alphabet in each column indicates significant difference at $p \leq 0.05$ based on Duncan Test



شکل ۳- برهمکنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر وزن خشک برگ گوار

Fig. 3- The interaction of plantin date in row spacing on weight of dry leaf of guar



شکل ۴- برهمکنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف بر وزن خشک ساقه گوار

Fig. 4- The interaction of planting date in rpw spacing on weight of dry stem of guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at $p \leq 0.05$ based on Duncan Test

(D1: 10th May, D2: 25th May, D3: 9th June, D4: 24th June, D5: 9th Juy, D6: 24th Juy, R1: 20 cm, R2: 30 cm, R3: 40 cm and R4: 50 cm)

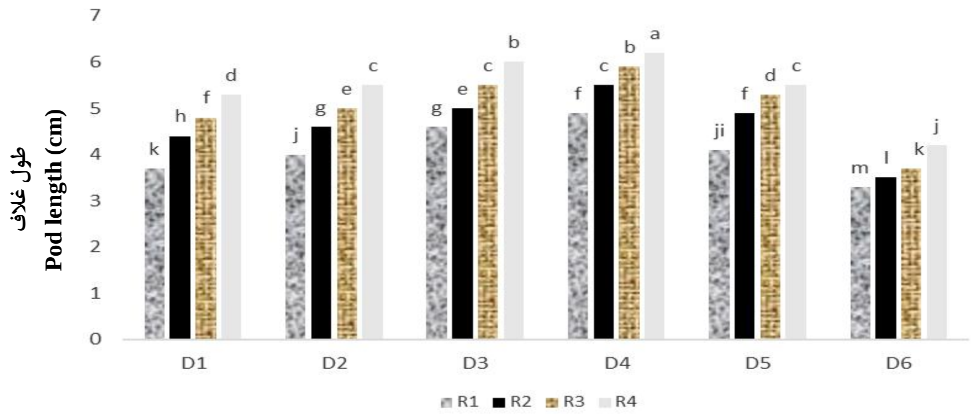
تعداد غلاف در بوته

کشت گوار در تاریخ ۱۹ خرداد، بیشترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد که در مقایسه با تاریخ کشت دوم مرداد، حدود ۴۱ درصد افزایش، به همراه داشت. لازم به ذکر است که کشت در چهارم خرداد با ۱۹ خرداد در سطح آماری مشترکی مشاهده شد و سپس، تاریخ‌های کاشت سوم و ۱۸ تیر و ۲۰ اردیبهشت به‌ترتیب قرار داشتند (جدول ۵). از این رو، تاریخ کاشت مناسب را می‌توان ۱۹ خرداد و سوم تیر ماه عنوان کرد، به‌طوری‌که کشت زود هنگام در اردیبهشت و دیر هنگام در مرداد با کاهش تعداد غلاف در بوته همراه می‌شود. در آزمایش انجام شده بر لوبیا چیتی، اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد و تاریخ‌های کاشت زود هنگام سبب تولید غلاف‌های بیشتری در بوته شد (Soleymani Sardoo et al., 2017) که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. همچنین، حیدرزاده و همکاران (Heydarzade et al., 2020) در بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر ویژگی‌های کیفی، عملکرد و اجزای عملکرد گوار در گیلان گزارش نمودند که بیشترین تعداد غلاف در بوته از تاریخ کاشت‌های زود هنگام (پنجم خرداد) حاصل شد.

بررسی مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف بر تعداد غلاف در بوته (جدول ۶) نشان داد که فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، بالاترین تعداد غلاف در بوته را داشت و با کاهش فاصله ردیف، تعداد غلاف در بوته نیز کاهش یافت و کمترین تعداد در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر حاصل شد. تراکم‌های بالا با افزایش رقابت برای فضا، نور و مواد غذایی برای هر گیاه منجر به کاهش اجزای زایشی گیاه شد. در پژوهشی نشان داده شد که در تمامی تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه، با افزایش تراکم گیاهی، تعداد غلاف در بوته‌های لوبیا قرمز کاهش می‌یابد (Shafaroodi et al., 2010). نتایج بررسی‌های ناندینی و همکاران (Nandini *et al.*, 2017) بر چهار تیمار کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰ × ۳۰ سانتی‌متر) گوار، مبین این بود که بیشترین تعداد غلاف در بوته در فاصله ۱۰ × ۳۰ سانتی‌متر به‌دست آمد. بر اساس همبستگی بین ویژگی‌های مورد بررسی (جدول ۷)، با افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف نیز به‌طور معنی‌داری، ضریب همبستگی ۶۷ درصد، افزایش یافت که به‌تبع آن منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه گوار شد. به‌طوری‌که عملکرد دانه با ضریب ۴۵ درصد، با تعداد دانه در غلاف همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.

طول غلاف

مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها، طول غلاف در سال اول ۱۱ درصد بیشتر از سال دوم بود که این نتایج با توجه به شرایط بهینه آب و هوایی در سال اول نسبت به سال دوم و بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گوار منطقی می‌باشد (جدول ۳). افزون بر این، با توجه به معنی‌داری برهم‌کنش تاریخ کاشت در فاصله ردیف، بیشترین طول غلاف در فاصله کشت ۵۰ سانتی-متر و تاریخ سوم تیر ماه، مشاهده شد. کشت گیاه در ۲۰ اردیبهشت و دوم مرداد در تراکم‌های کاشت مورد مطالعه، نسبت به سایر تاریخ‌ها، کمترین طول غلاف را به خود اختصاص داد. درحالی‌که کشت در تاریخ‌های متفاوت خرداد و تیر ماه منطقه در فاصله ردیف‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر تفاوت چندانی با یکدیگر نداشت و در نهایت، کشت سوم تیر در فاصله ردیف ۴۰ یا ۵۰ سانتی‌متر، تیمار برتر بود (شکل ۵). طول غلاف به این دلیل که تعداد دانه را در خود جای می-دهد، شاخص مهمی در عملکرد گیاه می‌باشد. در این پژوهش، با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۲۰ به ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر، طول غلاف افزایش نشان داد و در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر به بیشترین مقدار رسید که دلیل این امر، فراهمی رطوبت و مواد غذایی برای گیاه در تراکم کمتر می‌باشد (Naseri et al., 2012). بنابراین، افزایش طول غلاف در این پژوهش در تاریخ-های کشت و فاصله ردیف مناسب به‌علت رشد رویشی مطلوب‌تر که منجر به تولید بیشتر مواد فتوسنتزی شده، رخ داده است. افزون بر این، همبستگی طول غلاف با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۳۹**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۵**) و وزن هزار دانه (R^2=۰/۲۹**)، در سطح یک درصد مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۷).



شکل ۵- برهم‌کنش تاریخ کشت در فاصله ردیف بر طول غلاف **گوار**

Fig. 5- The interaction of planting date in row spacing on length of pod in guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test.

(D1: 10th May, D2: 25th May, D3: 9th June, D4: 24th June, D5: 9th Juy, D6: 24th Juy, R1: 20 cm, R2: 30 cm, R3: 40 cm and R4: 50 cm)

تعداد دانه در غلاف

مطابق با جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تاریخ کشت ۱۹ خرداد بیشترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داد. سپس، تاریخ‌های کاشت ۲۰ اردیبهشت، چهارم خرداد و سوم تیر بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر مشاهده شد و در نهایت، تاریخ کشت دوم مرداد، ۱۹ درصد کاهش، کمترین مقدار را ثبت کرد. در این پژوهش، کاشت در تاریخ‌های خرداد و تیر ماه منجر به توسعه سریع‌تر و بیشتر سطح برگ و در نتیجه، جذب بیشتر نور و افزایش فتوسنتز را به دنبال داشت که مواد لازم را برای تکامل غلاف فراهم ساخت. بر همین اساس، کاهش اجزای عملکرد، ناشی از تأخیر در کاشت نتیجه رشد ضعیف‌تر، دوره کوتاه‌تر پر شدن دانه و رسیدگی، تعداد کم غلاف در بوته و به تبع آن، تعداد دانه در غلاف اعلام شده است (Molosiwa & Kgokong, 2018). بر همین اساس، نتایج همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه نیز ارتباط مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در غلاف با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۶۷**) نشان داد (جدول ۷).

بر اساس مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، فاصله ردیف ۵۰ و ۴۰ سانتی‌متر بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر، بیشترین تعداد دانه در غلاف را به‌خود اختصاص دادند، سپس فاصله ردیف-های ۳۰ و ۲۰ سانتی‌متر به‌ترتیب با ۱۳ و ۲۰ درصد کاهش مشاهده شد. به نظر می‌رسد که کاهش تراکم بوته (فواصل ردیف ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) بدون ایجاد محدودیت برای گوار جهت دسترسی به نور، آب و عناصر غذایی، گل‌دهی بیشتر و در نتیجه، افزایش تعداد غلاف را به دنبال داشت. درحالی‌که با افزایش تراکم بوته، رقابت برای عوامل محیطی از جمله آب و عناصر غذایی افزایش یافته و انتقال مواد فتوسنتزی از مبدأ به مقصد با کاهش مواجه می‌شود (Naseri et al., 2012).ناندینی و همکاران (Nandini et al., 2017) در بررسی چهار تراکم کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰×۳۰ سانتی‌متر) بر گوار، گزارش نمودند که بیشترین تعداد دانه در غلاف از تراکم ۱۰×۳۰ حاصل شد.

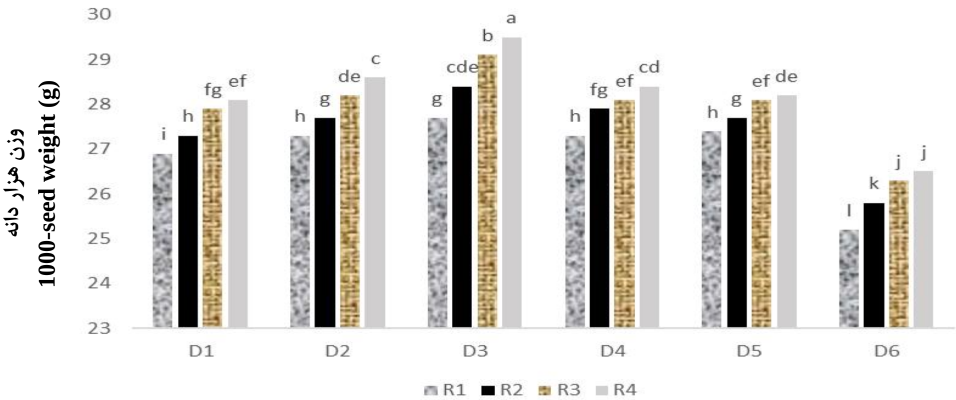
وزن هزار دانه

بر اساس نتایج ارائه شده (جدول ۳)، در سال ۱۳۹۹ وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال ۱۳۹۸ بود که به‌دلیل بهبود ویژگی‌های رویشی و زایشی گیاه در سال اول می‌باشد. مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۶)، برهم‌کنش تاریخ کشت ۱۹ خرداد و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بیشترین وزن هزار دانه را به‌خود اختصاص داد. تاریخ کاشت ۱۹ خرداد و فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر، در جایگاه بعد قرار داشت. کمترین وزن هزار دانه نیز، ۱۴/۵ درصد کاهش، در تاریخ کاشت دوم مرداد و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر مشاهده شد.

وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد در گیاه گوار و نشان‌دهنده رابطه بین منبع و مخزن حاصل از پدیده فتوسنتز در طول زمان و پر شدن غلاف‌ها می‌باشد (Molosiwa & Kgokong, 2018). در این پژوهش، با افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف وزن هزار دانه گوار (به ترتیب R^2=۰/۶** و R^2=۰/۶۷**) افزایش یافت (جدول ۷) که مطابق با پژوهش افزایش وزن ۱۰۰ دانه همراه با افزایش تعداد غلاف

و دانـه در لوبیـا سـفید مـی‌باشـد (Ebrahimi *et al.*, 2010). بنابراین، تاریخ کشت خرداد تـا تیـر مـاه در منطقـه، بـه‌دلیـل برخورداری از دوره رشد رویشـی و سـطح بـرگ بیشـتر، نـرخ فتوسنتز را افزایش داده و آسیمیلات بیشتری به بذرها منتقـل ساخت که منجر به افزایش، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن بذرها شد. چرا که بر اسـاس پـژوهش‌هـا، وزن هـزار دانـه اگرچه به‌طور عمده متأثر از مقدار مواد فتوسنتزی، تعداد دانـه و ظرفیت هر بذر می‌باشـد، از شـرایط آب و هـوایی طـی دوره رشد و نمو گیاه نیز متأثر می‌شود (Shafaroodi et al., 2010).

از این رو، به نظر می‌رسـد کـه کـاهش وزن هـزار دانـه در تاریخ کشت دوم مرداد می‌تواند به‌علت مواجه شدن بـا شـرایط نامناسب آب و هوایی، کـاهش طـول دوره رویشـی و برخـورد دوره گل‌دهی این گیاه با درجه حرارت‌های پایین باشد کـه در نتیجه، مقدار فتوسنتز کـاهش یافتـه و مـواد پـرورده کمتـری تولید و به دانه‌ها منتقل شده اسـت. همچنـین، گـزارش شـده است که با کاشت زود هنگـام ارقـام گـوار، وزن هـزار دانـه در مقایسه با تاریخ‌های کاشت دیر هنگام افزایش می‌یابد و دلیـل آن نیز شرایط آب و هـوایی مطلـوب حاصـل از تـاریخ کاشـت مناسب گزارش شده است (Kalyani Lakshmi, 2012). در این پـژوهش، کـاهش رشـد رویشـی گیـاه در تـاریخ‌هـای کاشـت دیرهنگام با کاهش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غـلاف مواجه شد، چرا کـه بـر اسـاس نتـایج همبسـتگی (جـدول ۷) ارتفاع بوته گوار با تعداد غـلاف در بوتـه (R^2=۰/۳۸**)، تعـداد دانه در غـلاف (R^2=۰/۴۲**) و وزن هـزار دانـه (R^2=۰/۵۵**)، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت.



شکل ۶- برهم‌کنش تاریخ کشت در فاصله ردیف بر وزن هزار دانه گوار

Fig. 6- The interaction of planting date in row spacing on 1000-seed weight of guar

حروف غیر مشابه در هر ستون، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on Duncan Test

(D1: 10th May, D2: 25th May, D3: 9th June, D4: 24th June, D5: 9th Juy, D6: 24th Juy, R1: 20 cm, R2: 30 cm, R3: 40 cm and R4: 50 cm)

عملکرد زیستی

نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تـاریخ‌هـای کاشـت (جـدول ۵) نشان داد که تـاریخ ۱۹ خـرداد بیشـترین عملکـرد زیسـتی را تولید کرد. سپس، تاریخ کشت سوم تیر، چهارم خرداد، ۱۸ تیر و ۲۰ اردیبهشت به‌ترتیب در مرتبه‌های بعدی قرار داشـتند. در نهایت، کشت گوار در دوم مرداد با ۴۰ درصد کاهش، کمتـرین عملکرد زیستی را ثبت کرد. میانگین دمای هوای بالا، روزهای طولانی و رطوبت هـوای کمتـر باعـث تحریـک فتوسـنتز و در نتیجه، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود (Singla et al., 2016) که این شرایط با دوره زمانی خرداد تـا تیـر مـاه منطقه منطبق می‌باشد. درحالی‌که کاهش دمـا در کشـت زود هنگام (اردیبهشت ماه) و همچنین، ترکیب دمای پایین و طول روزهای کوتاه، در طول دوره رشد زایشی، در کشـت‌هـای دیـر هنگام (مرداد ماه)، باعث کـاهش فتوسـنتز و رشـد گیـاه و در نهایـت، کـاهش عملکـرد زیسـتی و عملکـرد دانـه مـی‌شـود (Ramanjaneyulu et al., 2018). در ایـن پـژوهش، تـاریخ کاشت ۱۹ خرداد بـه‌دلیـل بهـره‌منـدی از دمـای بـالا و طـول روزهای بلند، با افـزایش فصـل رشـد گـوار منجـر بـه افـزایش عملکرد زیستی شـد کـه بـا یافتـه‌هـای سـینگلا و همکـاران (Singla et al., 2016) و رامانجـــانیلو و همکـــاران (Ramanjaneyulu et al., 2018) مطابقت داشت.

مطابق با نتایج همبستگی (جدول ۷)، عملکرد زیستی گوار

با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته، با ضریب به‌ترتیب ۵۲، ۲۵، ۴۵ و ۵۳ درصد مثبت و معنی‌دار شد. این در حالی بود که عملکرد زیستی با تعداد برگ در ساقه فرعی(R^2=-۰/۱۷**) و با وزن خشک ساقه (R^2=-۰/۲**) همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵)، تاریخ ۱۹ خرداد بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد. پس از آن تاریخ کشت‌های چهارم خرداد و سوم تیر به‌ترتیب مشاهده شد. از تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت تا ۱۹ خرداد، عملکرد دانه روند افزایشی نشان داد و در تاریخ کاشت ۱۹ خرداد به بیشترین مقدار خود رسید. درحالی‌که از تاریخ کاشت ۱۹ خرداد به بعد عملکرد دانه از سیر نزولی برخوردار شد. به‌طور کلی، با تأخیر در کاشت عملکرد دانه کاهش یافت و کمترین عملکرد دانه با ۴۹ درصد کاهش، در تاریخ کاشت دوم مرداد مشاهده شد.

سینگلا و همکاران (Singla et al., 2016) گزارش کردند که با تأخیر در کاشت، طول فصل رشد نیز کاهش یافته و در نتیجه، ماده خشک تجمعی در طول فصل کمتر شده و عملکرد دانه کمتری به‌دست می‌آید که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی داشت. به‌طور کلی، محدوده زمانی چهارم خرداد تا سوم تیر را می‌توان مناسب‌ترین بازه زمانی برای کاشت گوار در شرایط آب و هوایی جیرفت معرفی کرد. چرا که میانگین دمای هوای بالا، روزهای طولانی و رطوبت هوای کمتر در این بازه زمانی، منجر به تحریک فتوسنتز و در نتیجه، افزایش زیست‌توده و عملکرد دانه گوار می‌شود (Singla et al., 2016). بنابراین، پایین بودن دمای محیط در طول فصل رشد و طول روزهای کوتاه در کشت‌های تأخیری، سبب کاهش عملکرد گوار می‌شود (Ramanjaneyulu et al., 2018). در این آزمایش نیز بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت‌هایی (خرداد تا تیر) به‌دست آمده است که در آن‌ها میانگین دمای هوا بالا و طول روزهای بلند بود که به‌دلیل افزایش اجزای عملکرد در تاریخ-های بیان شده می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌های فاصله ردیف کشت نیز حاکی از بیشترین عملکرد دانه در دو فاصله ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر، بدون تفاوت معنی‌دار، داشت. سپس، فاصله ردیف ۵۰ سانتی-متر، و در نهایت، فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر، هفت درصد کاهش، مشاهده شد (جدول ۶). نتایج بررسی‌های ناندینی و همکاران (Nandini et al., 2017) بر چهار تیمار کاشت (۱۵×۴۵، ۱۰×۴۵، ۱۵×۳۰ و ۱۰ ×۳۰ سانتی‌متر) نیز نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰ ×۳۰ سانتی‌متر حاصل شد. در پژوهش مهدی‌پور افرا و همکاران (Mehdipour Afra et al., 2019)، تاریخ کاشت اول خرداد بیشترین عملکرد دانه گوار را در تراکم ۱۳۰ هزار بوته در هکتار تولید کرد و با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه کاهش یافت. این موضوع به بیشتر بودن اجزای عملکرد در تراکم بیان شده نسبت داده شد. در این مطالعه، بیشترین عملکرد دانه در فاصله ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمد، یعنی با افزایش تراکم بوته تا حد بهینه، اگرچه عملکرد تک بوته کاهش یافت، امّا عملکرد کلی از طریق افزایش تعداد بوته در واحد سطح جبران شد و توانست در تراکم‌های بالاتر، عملکرد دانه بیشتری را تولید کند. درحالی‌که افزایش تراکم بوته بیشتر از حد مطلوب، به‌دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای، عملکرد دانه را کاهش داد (Kouam & Tsague-Zanfack, 2020).

مطابق با نتایج همبستگی، عملکرد دانه گوار با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۶۷**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۴۵**)، وزن هزار دانه (R^2=۰/۵۸**)، عملکرد زیستی (R^2=۰/۹۳**)، شاخص برداشت (R^2=۰/۴۳**)، ارتفاع بوته (R^2=۰/۵۶**)، ارتباط مثبت و بسیار معنی‌دار نشان داد (جدول ۷). همبستگی مثبت و بالای عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته نشان‌دهنده اهمیت این شاخص در بین اجزای عملکرد در تعیین عملکرد نهایی است. باتوجه به گزارش کومار و رام (Kumar & Ram, 2015) تعداد غلاف در هر گیاه، تعداد دانه در هر گیاه و وزن ۱۰۰ دانه بیشترین تأثیر را بر عملکرد نهایی گوار داشت.

شاخص برداشت

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، سال اول آزمایش با میانگین ۳۱/۸ درصد، اندکی شاخص برداشت بیشتری در مقایسه با سال دوم (میانگین ۳۰ درصد) به دنبال داشت. شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی می‌باشد، با توجه به اینکه گوار در سال ۹۹ عملکرد زیستی بیشتری در مقایسه با سال ۹۸ تولید کرد، افزایش شاخص برداشت معکوس با عملکرد زیستی و هم جهت با عملکرد اقتصادی افزایش نشان داد. نتایج مقایسه میانگین‌های تاریخ‌های کاشت حاکی از بیشترین شاخص برداشت در تاریخ کاشت‌های ۱۹ خرداد و ۲۰ اردیبهشت داشت. سپس، دو تاریخ چهارم خرداد و ۱۸ تیر بدون تفاوت، در مرتبه بعد قرار داشت و کمترین شاخص برداشت (۱۵/۵ درصد کاهش) برای کاشت در دوم مرداد ثبت شد (جدول ۵). ممکن است شاخص سطح

برگ بالا و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر در تاریخ‌های بیان شده منجر به انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش شاخص برداشت شده باشد. در بررسی واکنش ماش به تاریخ کشت در منطقه گرگان، گزارش شد که شاخص برداشت گیاه در تاریخ‌های کاشت به‌موقع همراه با آبیاری در زمان مناسب، تعداد غلاف در بوته تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه را افزایش داد که این موضوع منجر به افزایش شاخص برداشت می‌شود و با نتایج این پژوهش هم‌خوانی کامل داشت (Fadaei et al., 2017).

مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر، بیشترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد. شاخص برداشت در فاصله ردیف ۵۰ و ۴۰ سانتی‌متر در سطح آماری مشترکی قرار داشت، سپس فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر و در نهایت، کشت در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر با ۱۴ درصد کاهش، کمترین شاخص برداشت را به‌خود اختصاص داد. شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی و دانه گیاه می‌باشد و تغییرات آن وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. بر اساس فرمول شاخص برداشت، هر عاملی که منجر شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد، باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود (Ahmadzadeh Ghavidel et al., 2016). در این پژوهش نیز با توجه به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه در فواصل کاشت ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر، شاخص برداشت در این فاصله ردیف‌ها افزایش نشان داد. نتایج همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه حاکی از معنی‌داری شاخص برداشت در سطح یک درصد با تعداد غلاف در بوته (R^2=۰/۵۴**)، تعداد دانه در غلاف (R^2=۰/۶۵**)، وزن هزار دانه (R^2=۰/۴۹**)، طول غلاف (R^2=۰/۴۲**)، ارتفاع بوته (R^2=۰/۲۳**)، تعداد برگ در ساقه اصلی و فرعی (به ترتیب R^2=۰/۲* و R^2=۰/۱۶*)، وزن خشک برگ (R^2=۰/۳۷**)، وزن خشک ساقه (R^2=۰/۲۴**) بود (جدول ۷).

جدول ۷- همبستگی بین ویژگی‌های مورد مطالعه

Table 8- Corrolation between studied traits

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13
1	1												
2	0.67**	1											
3	0.45**	0.67**	1										
4	0.58**	0.60**	0.67**	1									
5	0.93**	0.52**	0.25**	0.45**	1								
6	0.43**	0.54**	0.65**	0.49**	0.09ns	1							
7	0.56**	0.38**	0.42**	0.55**	0.53**	0.23**	1						
8	-0.04ns	-0.34**	-0.24ns	-0.16ns	0.01ns	-0.17ns	-0.06ns	1					
9	0.06ns	0.39**	0.45**	0.29**	-0.1ns	0.42**	0.08ns	0.14ns	1				
10	0.01ns	0.1ns	0.17*	0.1ns	-0.08ns	0.2*	0.06ns	0.05ns	0.6**	1			
11	-0.07ns	0.16*	0.1ns	0.1ns	-0.17*	0.16*	0.01ns	0.19*	0.7**	0.6**	1		
12	0.03ns	0.30**	0.35**	0.24**	-0.11ns	0.37**	-0.03ns	0.16ns	0.87**	0.6**	0.7**	1	
13	-0.09ns	0.19*	0.23**	0.19*	-0.2**	0.24**	-0.07ns	0.14ns	0.75**	0.6**	0.8**	0.82**	1

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

ns: Non-significant, *and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively

Y_1: عملکرد دانه، Y_2: تعداد غلاف در بوته، Y_3: تعداد دانه در غلاف، Y_4: وزن هزار دانه، Y_5: عملکرد زیستی، Y_6: شاخص برداشت، Y_7: ارتفاع بوته، Y_8: شاخص سطح برگ، Y_9: طول غلاف، Y_{10}: تعداد برگ ساقه اصلی، Y_{11}: تعداد برگ ساقه فرعی، Y_{12}: وزن خشک برگ، Y_{13}: وزن خشک ساقه

Y_1: Seed yield, Y_2: Number of pod per pelant, Y_3: Number grain per pod, Y_4: 1000-grain weight, Y_5: Biological yield, Y_6: Harvest index, Y_7: Plant height, Y_8: Leaf area index, Y_9: Pod length, Y_{10}: Number of leaves per primary stem, Y_{11}: Number of leaves per scondary stem, Y_{12}: Dry weight of leaf, Y_{13}: Dry weight of stem

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بهترین تاریخ کشت گوار در منطقه جیرفت از اواسط خرداد تا اوایل تیر ماه می‌باشد و کشت در قبل و بعد از آن منجر به کاهش ویژگی‌های زراعی، اجزای عملکرد و در نتیجه، کاهش عملکرد گیاه می‌شود. از این رو، بیشترین شاخص سطح برگ، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در بازه زمانی بیان شده، به‌دست آمد و تأخیر در کشت تا اواسط تیر و اوایل مرداد منجر به کاهش ویژگی‌های مذکور شد.

نتایج بررسی فواصل کشت نیز نشان داد که هر چه فاصله ردیف کاشت در گوار افزایش یابد، اجزای عملکرد آن نیز با افزایش روبه‌رو می‌شود. بنابراین، بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر حاصل شد و عملکرد دانه در همان فاصله ردیف به‌دلیل کاهش تعداد بوته در واحد سطح کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در فواصل ردیف ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر به‌دست آمد، درحالی‌که بالاترین شاخص برداشت مربوط به فواصل ردیف ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر بود. بررسی برهم‌کنش تاریخ کشت در فواصل ردیف نیز حاکی از بیشترین ارتفاع بوته، طول غلاف و وزن خشک برگ و ساقه در تاریخ کشت سوم تیر و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر داشت، درحالی‌که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تاریخ کاشت ۱۹ خرداد و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. نتایج همبستگی ویژگی‌های مورد مطالعه نیز حکایت از ارتباط مثبت و معنی‌دار ویژگی‌های رشدی گیاه (ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، وزن خشک ساقه و برگ) با اجزای عملکرد گیاه (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و طول غلاف) و به تبع آن عملکرد اقتصادی گیاه داشت. بنابراین، جهت حصول بهترین عملکرد و ویژگی‌های زراعی گیاه گوار در جنوب استان کرمان، کشت این گیاه در فاصله ردیف ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از اوایل خرداد تا اوایل تیر ماه مناسب می‌باشد، چرا که در تاریخ و فواصل بیان شده گیاه بهترین استفاده را از عوامل محیطی به عمل آورده و با کاهش رقابت درون گونه‌ای، عملکرد و اجزای آن افزایش می‌یابد.

References

Ahmadi Nouraldinvand, F., Moraditelavat, M.R., Siadat, S.A., & Moshatati, A. (2020). The reaction of vegetative and reproductive growth of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) to humic acid application with irrigation water in different planting densities. *Iranian Journal of Pulses Research*, *10*(2), 104-118. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V1211.69397.

Ahmadzadeh Ghavidel, R., Asadi, G., Naseri Pooryazdi, M., Ghorbani, R., & Khorramdel, S. (2016). Effects of plant density and cow manure levels on growth criteria of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under Mashhad climatic conditions. *Journal of Agroecology*, *8*(2), 296-317. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V812.51297.

Akhtar, L.H., Bukhari, S., Salah-ud-Din, S., & Minhas, R. (2012). Response of new guar strains to various row spacings. *Pakistan Journal Agriculture Science*, *49*(4), 469-471.

Al Myali, A.A.H., Hassoon, A.S., & Kadhim Alaameri, A.A. (2020). Effest of variety and planting date on growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Archives*, *20*(1), 355-358. https://doi.org/10.13140/RG.V2.2.28756.42886.

Araghian, S., Sadrabadi Haghighi, R., Ghasemi, M., & Sohani Darban, A.R. (2022). Yield response and intercropping index of wuinoa and guar medicinal plants to different ratios of intercropping in Mashhad condition. *Crop Prpduction*, *14*(4), 85-103. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19011.24217.

Avola, G., Riggi, E., Trostle, C., Sortino, O., & Gresta, F. (2020). Deficit irrigation on guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Taub.): Effects on seed yield and water use efficiency. *Agronomy Journal*, *10*(789), 1-11. https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19011.24217

Dadgar, M., Rastegar, S., & Piry, H. (2021). Effect of different irrigation intervals on some morphological charactristics of different genotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*). *Iranian Journal of Pulses Research*, *12*(1), 156-170. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V1211.83229.

Deka, K.K., Das Milu, R., Bora, P., & Mazumder, N. (2015). Effect of sowing dates and spacing on growth and cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in subtropical climate of Assam. *Indian Journal of Agricultural Research*, *49*, 250-254. https://doi.org/10.5958/0976-058X.2015.00039.6.

Djaman, K., Allen, S., Diaman, D.S., Koudahe, K., Irmak, S., Puppala, N., Darapuneni, M.K., & Angadi, S.V., (2022). Planting date and plant density on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, *6*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417.

Ebrahimi, M., Bihamta, M.R., Hoseinzade, A., Khialparast, F., & Golbashy, M. (2010). Studying the response of some white varieties of common bean to limited irrigation. *Iranian Journal of Field Crops Research, 8*(2), 347-358. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/JCESC.2010.41785.

Fadaei, J., Faraji, A., Dadashi, M.R., & Siahmarguee, A. (2017). The response of mung bean crop (VC-1973A genotype) to planting date, plant density and irrigation in Gorgan condition. *Iranian Journal of Pulses Research, 8*(1), 180-191. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.222067/IJPR.V8I1.33490.

Ghanbari, A., Roshani, H., & Tavassoli, A. (2012). Effects of sowing date on some agronomic characteristics and seed yield of winter wheat cultivars. *Journal of Crop Ecophysiology, 6*(2), 127-144. (In Persain with English Abstract).

Hajishabani, H., Mondani, F., & Bagheri, A. (2021). Evaluation of morphological and physiological traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Kermanshah region climate condition. *Iranian Journal of Pulses Research, 12*(1), 12-25. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.222067/IJPR.V12I1.79618.

Heydarzade, M., Ehteshami, S.M.R., & Rabiee, M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristic, yield and yield components of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. In Guilan. *Plant Process and Function, 9*(39), 197-214. (In Persain with English Abstract).

Hosseinpour, M., Pirzad, A.R., Habibi, H., & Fotokian, M.H., (2011). Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of Anise. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 21*(1), 69-88. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.29252/abj.21.2.109.

Huang, Z., Liu, Q., An, B., Wu, X., Sun, L., Wu, P., Liu, B., & Ma, X., (2021). Effects of planting density on morphological and photosynthetic characteristics of leaves in different position on *Cunninghamia lanceolate* Saplings. *Forests, 12*(7), 1-12. https://doi.org/10.3390/f12070853.

Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F., Iannetta, P.P.M., & Savvas, D. (2022). Agronomic practices to increase the yield and quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) A systematic review. *Agronomy, 12*(271), 1-39. https://doi.org/10.3390/agronomy12020271.

Kouam, E.B., & Tsague-Zanfack, A.B. (2020). Effect of plant density on growth and yield attributes of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Notulae Scientia Biologicae, 12*(2), 399-408. https://doi.org/10.15835/nsb12210519.

Kumar, V., & Ram, R. B. (2015). Genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield attributing traits in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes. *International Journal of Pure and Applied Bioscience, 3*, 143-149.

Lakshmi Kalyani, D. (2012). Performance of cluster bean genotypes under varied time of sowing. *Legume Research -An International Journal, 35*, 154-158.

Mehdipour Afra, M., Aghaalikhani, M., Soufizadeh, S., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2019). Effect of sowing time and plant density on growth and seed yield of two guar ecotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences, 21*(2), 109-126. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V212.19018.

Molosiwa, O.O., & Kgokong, S.B. (2018). Effect of planting date on tepary bean yield and yield components sown in Southern Botswana. *African Journal of Agricultural Research, 13*(4), 137-143. https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12777.

Nandi, R., Mukkerjee, S., Bandyopadhyay, P.K., Saha, M., Singh, K.C., Ghatak, P., Kundu, A., Saha, S., Nath, R., & Chakraborti, P. (2023). Assessment and mitigation of soil water stress of rainfed lentil (*Lens culinaries* Medik) through sowin time, tillage and potassic fertilization disparities. *Agricultural Water Managmenet, 227*, 1-18. https://doi.org/10.1016./J.AGWAT.2022.1081120.

Nandini, K.M., Saridhara, S., Patil, S., & Kumar, K. (2017). Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International of Journal of Pure and Applied Bioscience, 5*(1), 320-328. https://doi.org/10.18782/2320-7051-2499.

Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani Fard, A., Solymani, R., & Khosh Khabar, H. (2012). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three cichpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam Province. *Iranian Journal of Pulses Research, 2*(2), 7-18. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/20.1001.1.24764310.1390.21.1.6.4

Pourhadian, H., Hadavand, N., & Kazem Aslani, H. (2022). Effect of row spacing and plant density on growth indices and yield of red bean in Azna climate conditions in Lorestan province of Iran. *Journal of Crop Productin and Processing, 12*(2), 77-90. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/20.1001.1.2422518517.1401.12.2.5.7.

Ramanjaneyulu, A., Madhavi, A., Neelima, T.L., Naresh, P., Indudhar Reddy, K., & Srinivas, A. (2018). Effect of row spacing and sowing time on seed yield, quality parameters and nutrient uptake of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in semi-arid climate of southern telanagana, India. *Legume Research, 41*, 287-292. https://doi.org/10.18805/Ir.v0i0.7599.

Sasmita, P., Ghanashyam Singh, R., & Sanat Kumar, D. (2017). Performance of some promising genotypes of cluster bean (*cyamopsis tetragonoloba* L. Tabu) under varying levels of primary plant nutrients and rowspacing. *International Journal of Agricultural Science, 9*(44), 4722-4724.

Shafaroodi, A., Zavareh, M., Peyvast, G.A., & Dorri, H.R. (2010). Effect of sowing date and plant density on grain yield and yield components in dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces. *Journal of Agricultural Sciences and Sutainable Production, 22*(3), 47-61. (In Persain with English Abstract).

Sher, A., Calone, R., Ul-Allah, S., Sattar, A., Ijaz, M., Sarwar, B., Qayyum A., & Barbanti, L., (2022). Growth, yield and quality attributes guar (*Cyampsisi tetragonoloba* L.) genotypes grown under different planting dates in a semi-arid region of Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Science, 59*(5), 757-763. https://doi.org/10.21162/PAKJAS/22.151.

Simon, X., Montero, M., & Bermudez, Ó. (2020). Advancing food security through agroecological Technologies: The implementation of the biointensive method in the dry corridor of Nicaragua. *Sustainability, 12*, 844. https://doi.org/10.3390/su12030844.

Singla, S., Grover, K., Angadi, S.V., Begna, S.H., Schute, B., & Van leeuwen, D. (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) genotypes under different planting dates in the semi-arid & southern high plains. *American Journal of Plant Sciences, 7*, 1246-1258. https://doi.org/10.4236/ajps.2016.78120.

Soleymani Sardoo, M., Afsharmanesh, G., & Roudbari, Z. (2017). Evaluating the effect of sowing date and plant density on yield and yield components of mung bean in Jiroft country. *Crop Science Research in Arid Regions*, *1*(1), 27-34. (In Persain with English Abstract). https://doi.org/10.22034/CSRAR.01.01.03

Timline, D.J., Fleisher, D.H., Kemanian, A.R., & Reddy, V.R. (2014). Plant density and leaf area index effects on the distribution of light transmittance to the soil surface in maize. *Agronomy, 106*(5), 1828-1838. https://doi.org/10.2134/agronj14.0160.